



MASARYKOVA UNIVERZITA



Fyziologie zátěže



MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obsah předmětu

- Úvod do Fyziologie sportovních disciplín, Charakteristika sportovních disciplín, Faktory sportovního výkonu . Reakce na zatížení
- Adaptace. Regulace adaptačních pochodů. Metabolická charakteristika výkonu (typ zátěže, trvání výkonu, intenzita zatížení, metabolické krytí, zdroje energie, energetický výdej)
- Funkční charakteristika výkonu (SF, VO_2 , La ad.), Specifické adaptace organismu na zátěž
- Charakteristika sportovce (zátěžový test do maxima: SF max, VO_2 max, La_{max} ad., Wingate test: Pmax, AC, index únavy). Charakteristika sportovce (podíl rychlých a pomalých vláken, somatická charakteristika).
- Fyziologické odlišnosti a rizika při sportu žen, dětí a seniorů
- Zdravotní rizika. Sport tělesně postižených
- Vliv zevního prostředí na výkonnost. Aklimatizace (chlad, teplo, vysokohorské prostředí)
- Rychlostní disciplíny. Silové disciplíny
- Rychlostně vytrvalostní disciplíny. Rychlostně silové disciplíny. Silově vytrvalostní disciplíny
- Vytrvalostní disciplíny
- Koordinačně estetické sporty. Úpoly
- Sportovní hry

Literatura povinná:

- ☯ Havlíčková, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže. 1, Obecná část*. 2. vyd. dotisk. Praha : Karolinum, 2003. 203 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-7184-875-1.
- ☯ http://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/fyziologie_sport/index.html

Literatura doporučená:

- ☯ P.Dobšák, J.Sieglová, H.Svačinová, P.Homolka, L.Dunklerová, M.Sosíková, Z.Placheta *Klinická fyziologie tělesné zátěže(1.vyd) Brno 2009*
- ☯ Máček, M., Radvanský J. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity* (1. vyd). Praha 2011
- ☯ Melichna, Jan. *Sval a jeho adaptace ve sportovním tréninku*. [1. vyd.]. Praha : Československý svaz tělesné výchovy. Ústřední výbor. Vědeckometodické oddělení, 1981. 106 s. : i. Metodický dopis.
- ☯ Melichna, Jan. *Fyziologie tělesné zátěže II : Speciální část - 2. díl*. 1. vyd. Praha : Univerzita Karlova - Vydavatelství Karolinum, 1995. 162 s. Bibliogr. ISBN 80-7184-039-4.
- ☯ Máček, Miloš - Máčková, Jiřina. *Fyziologie tělesných cvičení [Máček, 1997]*. 1. vyd. Brno : Masarykova univerzita v Brně, 1997. 112 s. Obsahuje bibliografii. ISBN 80-210-1604-3.
- ☯ Havlíčková, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže II : Speciální část - 1. díl*. 1. vyd. Praha : Univerzita Karlova - Vydavatelství Karolinum, 1993. 238 s. Bibliogr. ISBN 80-7066-815-6.

Zkouška

Podmínky ke zkoušce	<ul style="list-style-type: none">• Účast na seminářích• Protokoly ze semináře
zkouška	<p>ústní: 3 otázky :</p> <ul style="list-style-type: none">•Obecná (reakce, adaptace)•Vliv zevního prostředí na výkon. Fyziolog. zvláštnosti v ontogenezi a mužů a žen. Sport zdravotně postižených. Vliv PA na organismus•Sportovní disciplína

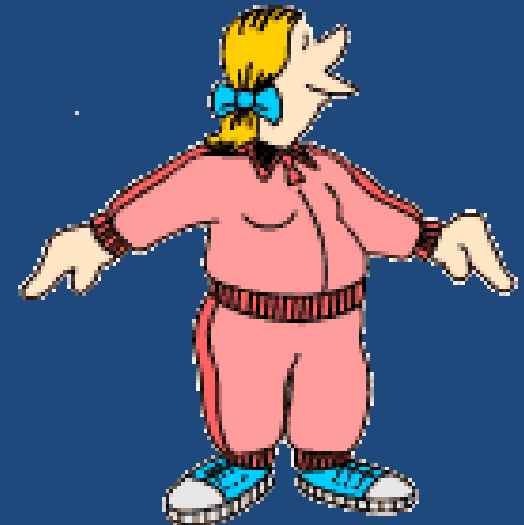
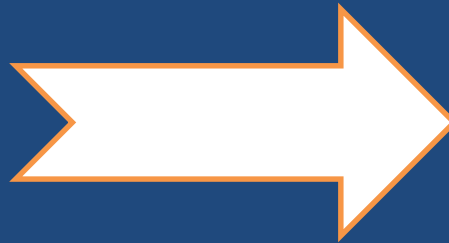
Charakteristika sportovních disciplín

- podle cíle sportovního tréninku (pohybové schopnosti)
- zimní x letní
- olympijská disciplína
- energetického krytí (anaerobní, aerobní)
- dynamická x statická

Trénink

= proces, jehož cílem je dosahování individuálně maximální sportovní výkonnosti jedince ve vybraném sportovním odvětví na základě **adaptace** organismu

pohybová zátěž



Co je adaptace?

Je **komplexní děj** umožňující přizpůsobení organismu na změněné vnější a vnitřní podmínky a tím jeho přežití v rámci jedince nebo druhu

Z biologického hlediska se jedná **o jakýkoli vliv narušující homeostázu organismu**, s kterým se organismus v zájmu přežití musí vyrovnat

.....**sportovní trénink (pohybová zátěž)**

vnitřní faktory

vnější faktory

Stresová reakce

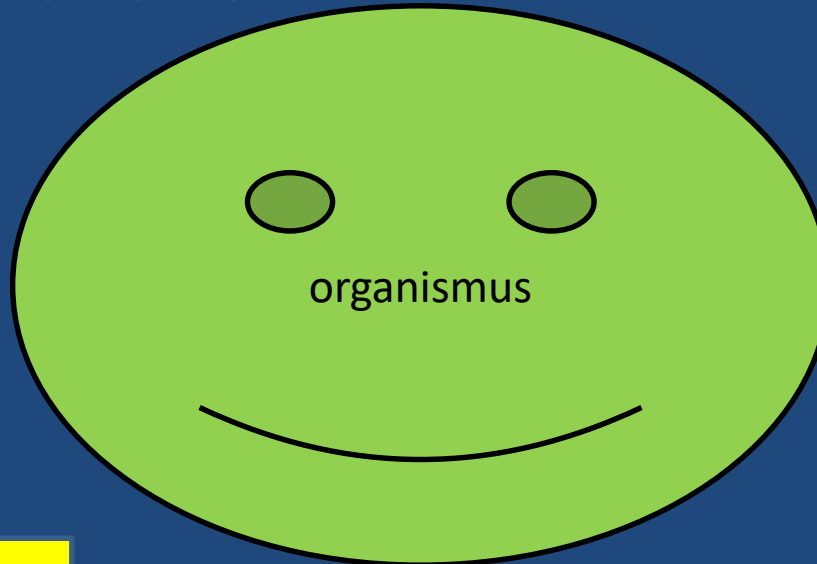
homeostáza

adaplace

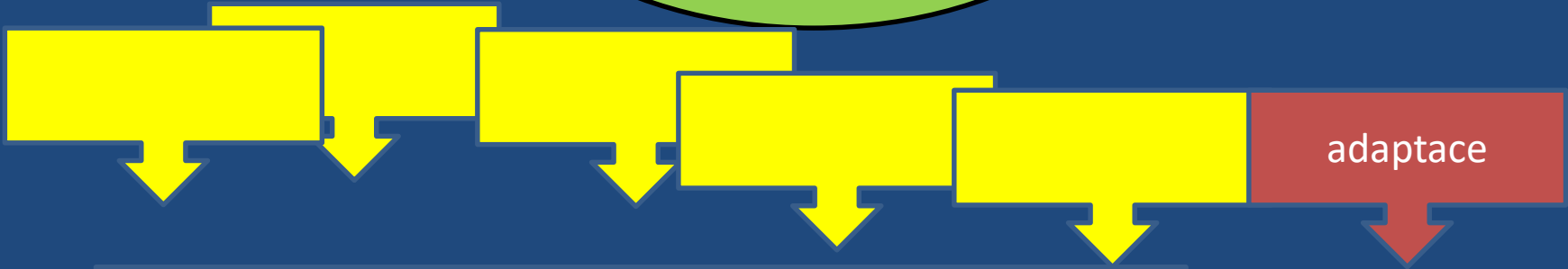
přežití

- Mezi **fyziologickou adaptací** (snad specifickou na určitý typ podnětu) a **stresem** (reakce odolnosti organismu) nelze vést ostrou hranici
- Není jasné zda **nespecifická poplachová reakce** (typická pro stres) je **nutnou podmínkou specifické adaptační odpovědi**
- Přizpůsobování organismu na opakovanou tělesnou aktivitu probíhá při zvýšeném používání orgánů k jeho **hypertrofii**

podnět

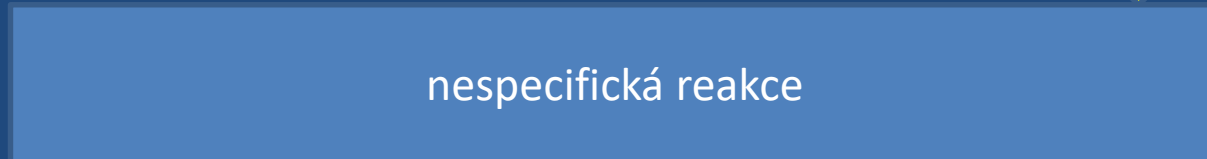


organismus



adaptace

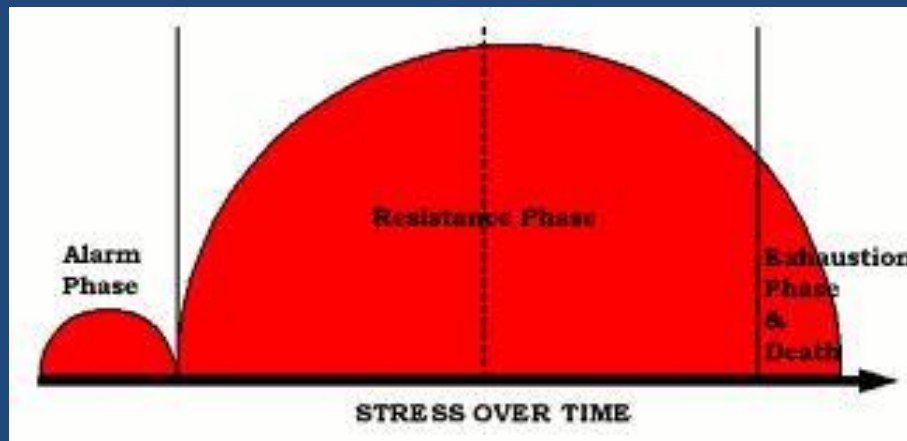
nespecifická reakce



Pohyb = Stresový podnět

Hans Selye definuje stres jako **nespecifickou reakci organismu** na **vnější** nebo **vnitřní** faktory narušující homeostázu.

Při opakovaném působení to vyvolá adaptační (**specifickou odpověď**)



Stresory

- Infekce
- Úraz
- Chlad nebo teplo
- Záření
- Hluk
- Světlo
- Šok
- Psychická zátěž
- **Trénink/ určitá intenzita a doba zatížení /**



STRESOVÁ REAKCE

Popsány tři stadia stresové odpovědi tvořící „*obecný adaptační syndrom*“

1. **poplachová reakce** – okamžitá reakce
 - sympato-adrenálního systému
 - hypotalamo-hypofýzo-nadledvinová cesta



2. **stadium rezistence** (adaptace)

Nastává opakovaným působením stresoru, vede ke **snížení** adrenokortikální odpovědi

3. **stadium exhausce, vyčerpání** – je charakterizovaná celkovým vyčerpáním a **selháním adaptačních obranných schopností** organismu, což vede k rozvoji různých onemocnění, patologickým změnám v organismu, eventuálně i smrti

jako první se při stresové reakci aktivují **neurohormony**, ty aktivují obě hlavní neurohumorální osy:

1. nejdříve **sympatoadrenální systém**

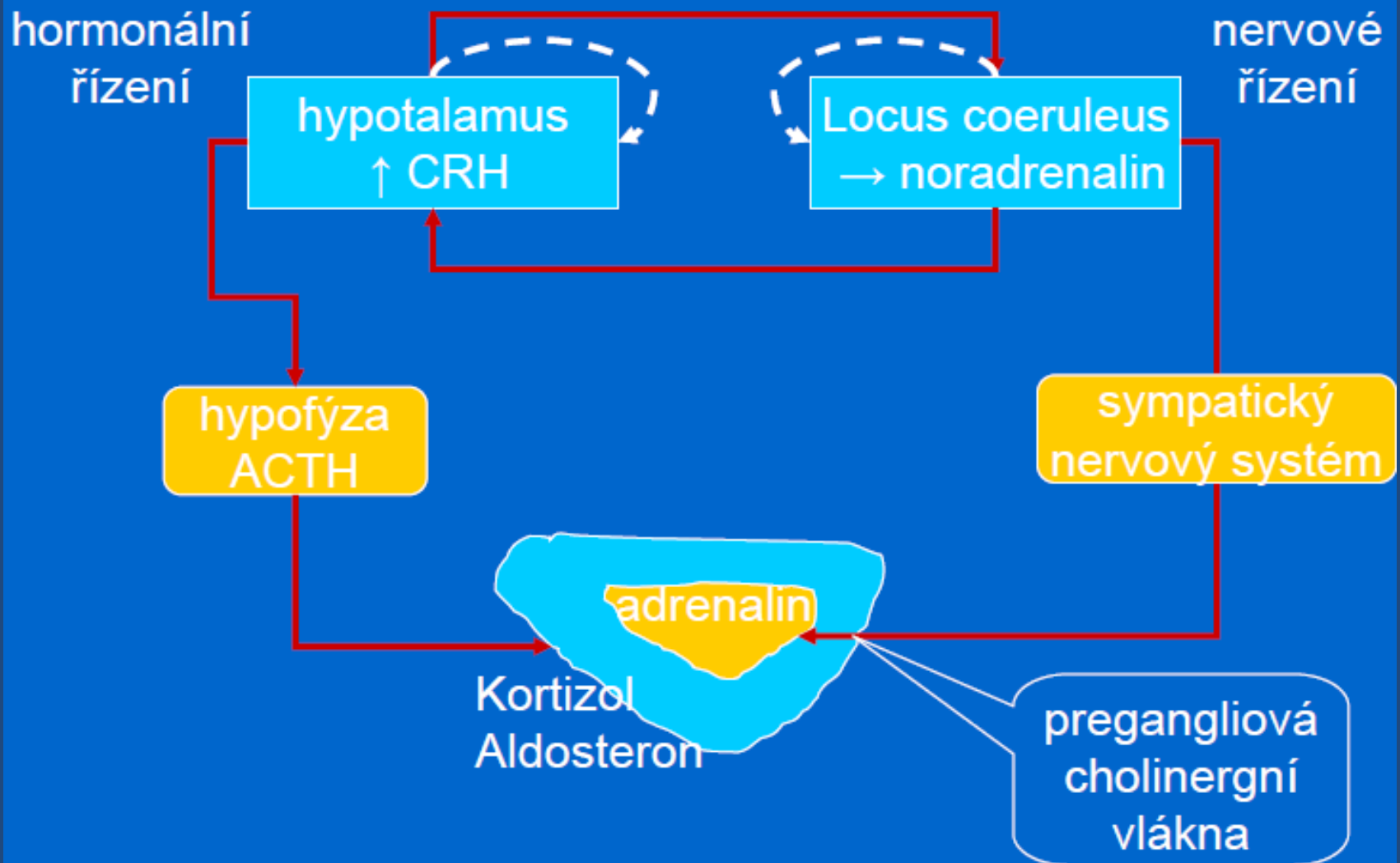
aktivace sympatoneurgních neuronů v hypotalamu a v locus ceruleus mozku. kmene

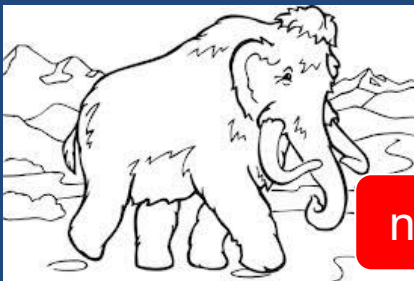
→ A, NA z dřeně nadledvin (ve vteřině) → mobilizace energie

2. druhý systém **hypotalamohypofyzární**

vývojově mladší, s pomalejší aktivací aktivován CRH → ACTH → kortikoidy z kůry nadledvin

Aktivace stresové osy





nebezpečí

Úkol : udržení stálého objemu tekutin a minerálů

CNS – mozková kůra-retikulární formace

limbický systém

ANS - sympatikus

hypothalamus

změna svalové ho tonu

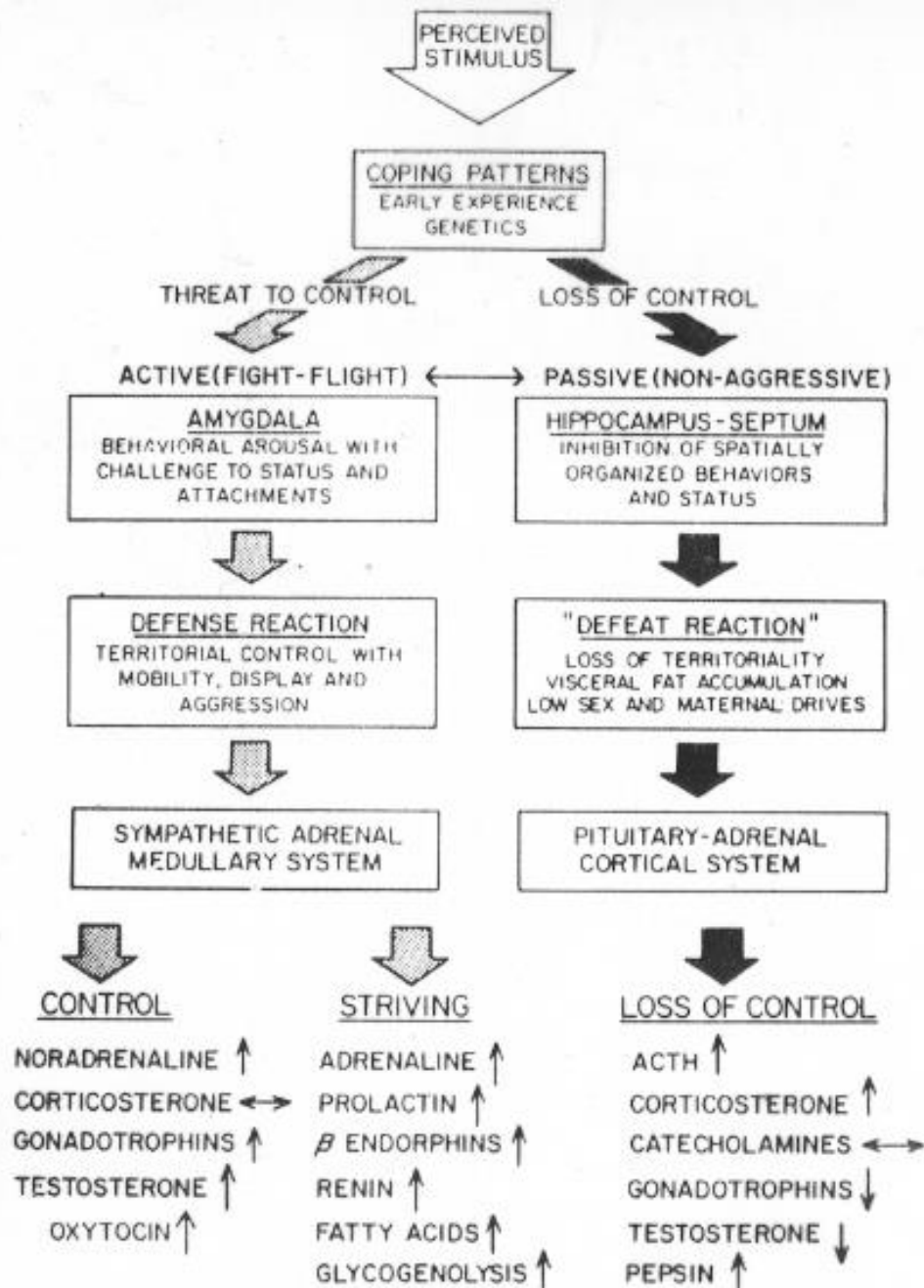
adenohypofýza

dřeň nadledvinek

- Zrychlení TF
- Zvýšení TK
- Zrychlení dýchání
- Zvýšení hladiny G
- Rozpad glykogenu
- Redistribuce krve

kůra nadledvinek

- Mobilizace G
 - Rozpad bílkovin
 - Mineralkortikoidy
- / ↓ Na ↑ K močí /



podnět

vzory chování

genetika

Aktivní typ

amygdala

Obranná reakce

- Teritoriální kontrola
- Útěk
- boj

Sympatikus
dřeň nadledvin

kontrola



Noradrenalin
Gonadotropin
Testosteron
oxytocin

úsilí



Adrenalin
Prolaktin
Endorfiny
Renin
Mastné kyseliny
glykogenolýza

pasivní typ

hipocampus

Porážková reakce

- Ztráta teritoria
- Akumulace viscerálního tuku
- Snížené sexuální chování a mateřské pudy

Hypofýza
Kůra nadledvin

Ztráta kontroly

ACTH ↑
kortizol ↑
catecholaminy ↔
Gonadotropní hormon ↓
testosteron ↓

1.FÁZE – POPLACHOVÁ REAKCE- co se děje ?

- Pohyb- zvýšené prokrvení svalů
- Myslet- zvýšené prokrvení mozku
- Stačit s dechem- bronchodilatace
- Rychlejší dodávka kyslíku- tachykardie
- Energie – glykogenolýza, lipolýza, glukoneogeneze, proteolýza
- Kůže, trávicí trakt, ledviny jsou vedlejší- vasokonstrikce (zpomalení motility a sekrece trávicího systému)

Účinky katecholaminů

➤ Poločas asi 2 min

Působí na různé receptory:

α - cévy- konstriktce

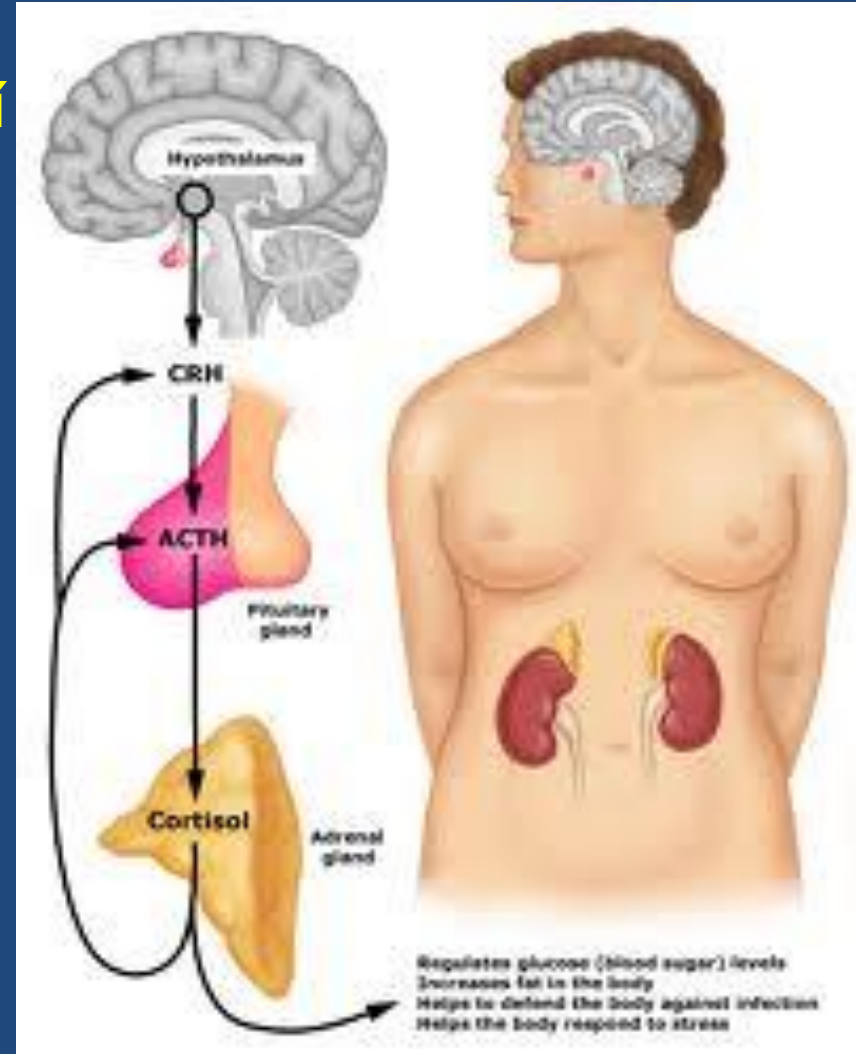
B1- srdce (zvyšuje kontraktilitu a frekvenci)

B2- bronchy, cévy - dilatace

- Stimulace glykogenolýzy ve svalech a játrech
- Stimulace lipolýzy v tukové tkáni
- Blokáda výdeje inzulínu (G pro mozkovou buňku)
- Zvýšení srdečního výdeje a intenzity srdeční kontrakce
- Zvýšená ventilace – dilatace bronchů
- Redistribuce krve (vazokonstrikce v kůži, GIT, vazodilatace koronárních cév, v mozku, kosterní svalovině)
- Zvyšují napětí stěn arterií (brání poklesu TK)

Pokud je útěk delší

- Uvolňuje se adrenokortikotropní hormon (ACTH) z hypofýzy (stimulace kortikoliberinem CRH)
- Stimulace kůry nadledvinek
- Produkce kortizolu, aldosteronu
- Dochází k mobilizaci energie



účinky glukokortikoidů

PROTEOKATABOLICKÝ

▶ účinek nastává za 1-2 hodiny

inhibice proteosyntézy + zrychlený rozpad proteinů ve svalech, kostech, pojivu, lymfatické tkáni

játra

▶ proteoanabolický účinek

▶ stimulace glukoneogeneze v játrech

*nadbytek kortizolu → hyperglykemie
(steroidní DM)*

Sval, pojivo, lymfatická tkáň:

- mobilizace AK z tkání
- ↓utilizaci G do bb → víc pro mozek, srdce

Tuková tkáň:

- mobilizace MK z tukové t. - ↑lipolýza
- ↑oxidace MK (↓utilizace glc-energie z MK)

Ostatní tkáně:

- protizánětlivý, imunosupresivní vliv,
- ↓počet lymfocytů, eozinofilů x ↑trombocytů
- ↑resorbci kostí+ ↓resorbci Ca z GIT,
- v žaludku ↑sekreci HCl,
- ↑kontraktilitu a tonus cév + ↓permeabilitu cév

Účinek aldosteronu

- prekurzorovou molekulou je **cholesterol**
- zvyšuje **resorpci Na** (doprovázeno resorpcí vody)
- Zvyšuje exkreci K v ledvinách (brání kumulaci K)
- zvyšuje ECT – zvyšuje TK
- R-A-A

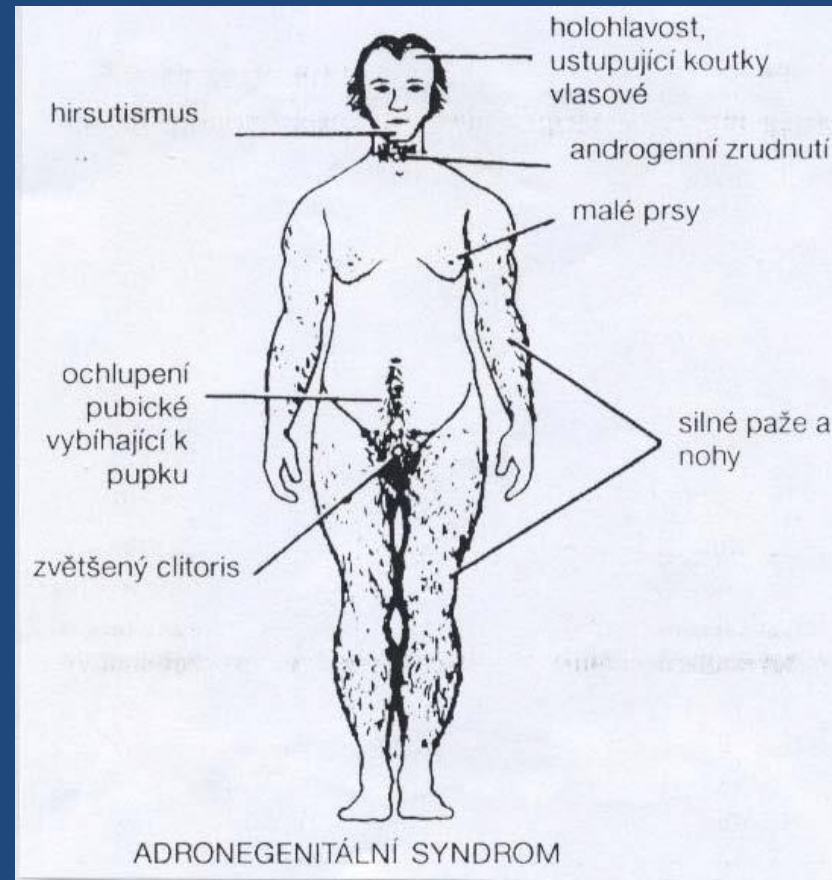
+ potní, slinné žlázy, střevo

androgeny = ♂ pohl. hormony

DEHYDROEPIANDROSTERON -DHEA

ANDROSTENDION –prekurzor testosteronu

- ▶ slabé androgenní účinky
(proteoanabolické,
vývoj sekundárních
pohl. znaků,
typ ochlupení, libido)
- ▶ sekreci řídí ACTH



Vyplavení dalších hormonů

testosteron

krátký anaerobní trénink

- produkce přítomna u obou pohlaví (ženy 10% hodnot mužů)
- anabolický hormon (růst tělesné hmoty)
- zvýšený tonus a svalová síla

hormony štítné žlázy

- zvyšují metabolický obrat ve všech buňkách
- zvýšení úrovně bazálního metabolismu až 4x

Inzulín, glukagon

- během zátěže produkce inzulínu klesá (již po 10 min aerobní ho tréninku), nicméně efektivita využití stoupá – citlivější receptory
- produkce glukagonu stoupá – glykogenolýza v játrech (udržení euglykemie)

adipocytární hormony – leptin, adiponektin

- regulace příjmu potravy (vyšší hladina leptinu u obézních) a metabolizace substrátů

FYZIOLOGICKÉ ZMĚNY ORGANISMU PŘI STRESU:

- do krevního oběhu je **dodáván cholesterol**, zajišťující energetický výdej
- **krev se zahušťuje**, aby se snižovalo krvácení (tím více má srdce práce s rozvodem)
- **krev odchází ze žaludku a pokožky** do svalů (podchlazení, potivost)
- **zornice se rozšiřuje** (lepší vidění)
- **sluch se stává ostřejším**
- zlepšuje se **hmat** (vztyčením chlupů na těle se zvyšuje objem těla - zastrašení soupeře)
- **roztahují se průduchy** na dýchání, zrychluje se dech
- z hypothalamu se uvolní **endorfiny**, aby blokovaly bolest
- **srdce bije rychleji** (rychlejší rozvod krve a zvýšení tlaku)

EUSTRES

- stres s pozitivními účinky
- nemusí mít škodlivé důsledky, má **značný adaptační význam**
- zvyšuje kvalitu života



DISTRESS

- stres s **negativními účinky** na člověka
- je chápán jako nadlimitní psych. zátěž, které je nad úrovní zátěží obvyklých a nezvladatelných

Pokud jste jeho vlivu vystaveni delší dobu, dojde k poškození vašeho zdraví. Zvyšující se napětí může skončit syndromem vyhoření a depresí.



Pohybová zátěž

vyvolává změny v organismu:

A) okamžité - reakce (odpověď) na jednorázovou zátěž

– např. \uparrow SF

B) po nějaké době - adaptace při opakování zátěži

- např. \downarrow SF klidové a \downarrow SF při stejné zátěži

Podnět musí být ale dostatečně silný !!!

Pohybová zátěž vyvolává reaktivní i adaptační

- změny v **kardiovaskulárním systému** (srdce, cévy)
- Změny v **dýchacím systému**
- změny v **neurohumorálním systému**
- změny ve **vnitřním prostředí** (pH)
- změny ve **svalech**
- změny v činnosti **ledvin**
- změny **metabolismu**



Reakce na zátěž

Změny v kardiovaskulárním systému

- Centrální
- Zvýšení **TF** (max TF 220 – věk)

Reakce probíhá v několika fázích

Fáze úvodní – zvýšení někdy i o desítky tepů

Fáze průvodní – prudký vzestup na počátku, pak pozvolnější růst

Fáze následná – prudký pokles, pak pozvolnější

Průměrné hodnoty SF max

VĚK	MUŽI	ŽENY
18	194±10	197±7
25	191±9	194±8
35	186±10	188±9

$$SF_{\max} = 220 - \text{věk}$$

- **Systolický objem** (klid 60-80ml až 120-150ml v zátěži)
- **Minutový objem** (klid 4-5l až 20-25l v zátěži)
- **Ejekční frakce** (z 55% na 85%)
- **Periferní (cévy)**
- redistribuce krve: **vazodilatace** v pracujícím svalu, **vazokonstrikce** v obl. splachnické, renální, kožní a cévy nepracujících svalů
- Změny v prokrvení orgánů (mozek, svaly)
- Klidový **TK** 130/80

Tlak při zátěži : systola až 230, diastola vyšší o 10-20 mmHg

Hodnoty TK při zatížení různé intenzity a délky trvání

	sTK	dTK
Krátkodobé zatížení max. intenzity	150-190	80-110
Zatížení submaximální intenzity	180-240	40-100
Dlouhodobé zatížení střední intenzity	130-170	80
Statické krátkodobé zatížení	140-160	80-100

Distribuce srdečního výdeje

	klid	zátěž
srdce	5% = 0,25 l/min	5% = 1,25 l/min
mozek	15% = 0,75 l/min	4% = 1,0 l/min
svaly	20% = 1,0 l/min	85% = 21,25 l/min
trávicí systém	25% = 1,25 l/min	5% = 1,25 l/min
kosti	4% = 0,2 l/min	1% = 0,25 l/min
ledviny	20% = 1,0 l/min	3% = 0,75 l/min

Autonomní nervový systém

- Sympatikus, parasympatikus – není ovlivněn naší vůlí
- Sympatikus **připravuje organismus na zátěž** (psychickou, fyzickou)
- Parasympatikus umožňuje regeneraci organismu
- Rovnováha obou systémů zajišťuje vnitřní stabilitu organismu

Změny vnitřního prostředí

pH krve :

nízká intenzita- pH se nemění

submaximální i.- zvýšení LA - snížení pH

- Stoupá **hematokrit**- ovlivnění hemodynamiky
- **Glykemie** (**pozátěžová hyperglykemie, hypoglykemie**)
- **Laktát**
- **Erythropoetin** vzniká z 90-95% v ledvinách
reguluje tvorbu červených krvinek
stimulem pro zvýšenou tvorbu erythropoetinu je pokles parciálního tlaku kyslíku protékající ledvinou (v zátěži)- **hypoxie ledviny**
- **Leukocyty** (**leukocytóza, leukopenie**)

Změny dýchacího systému

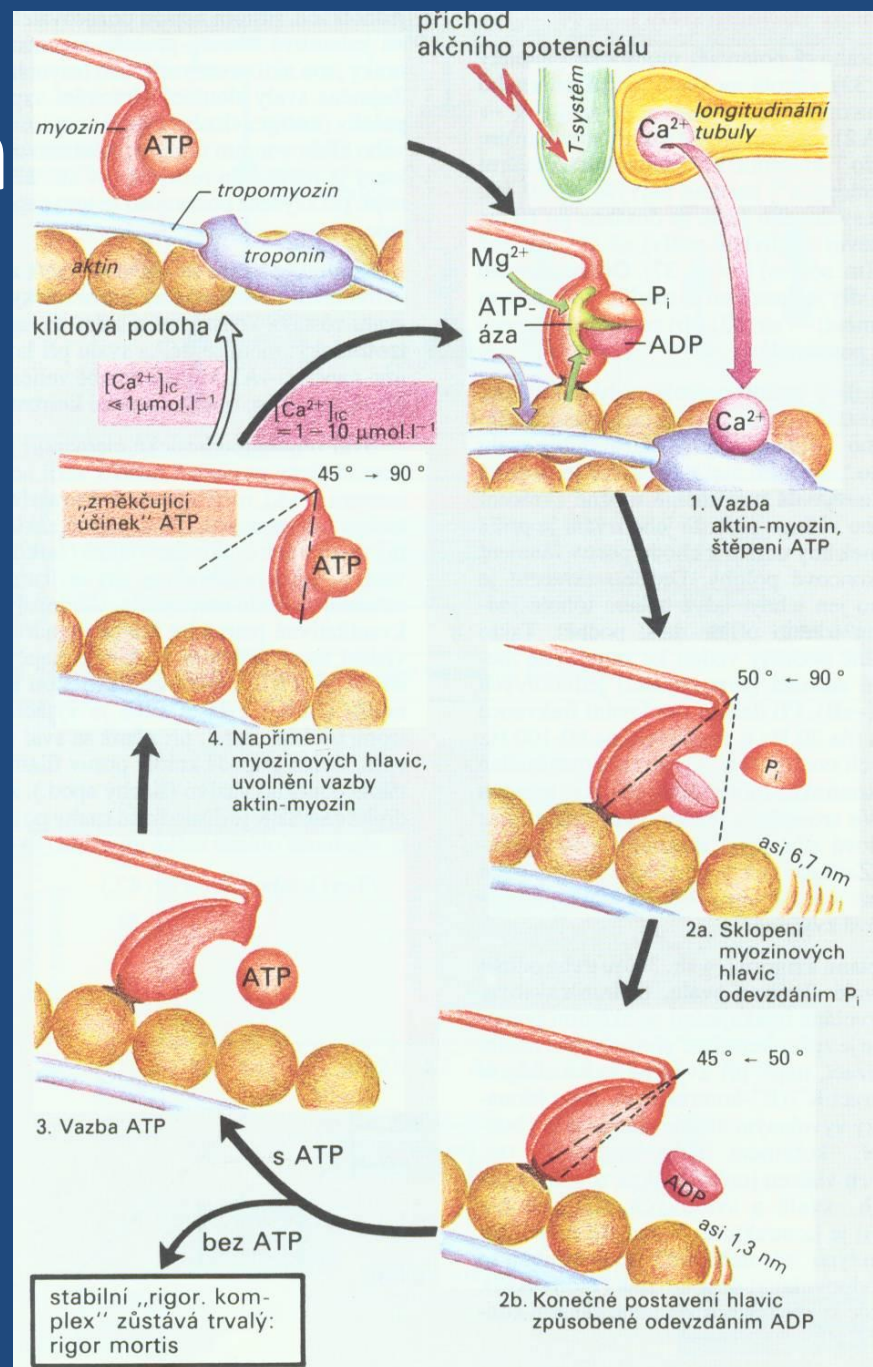
- Zvýšení **dechové frekvence**
- Zvýšení **příjmu kyslíku a výdeje oxidu uhličitého** (zpočátku téměř lineárně)

U 60 -70% VO_2 max (ventilační anaerobní prah
– nesoulad v dodávce O_2)

- Změny mechaniky dýchání (zvýšení využití bránice, mezižeberních a břišních svalů)
- **Bronchodilatace** (rozšíření průdušek)

Změny ve svalech

- Svalová kontrakce

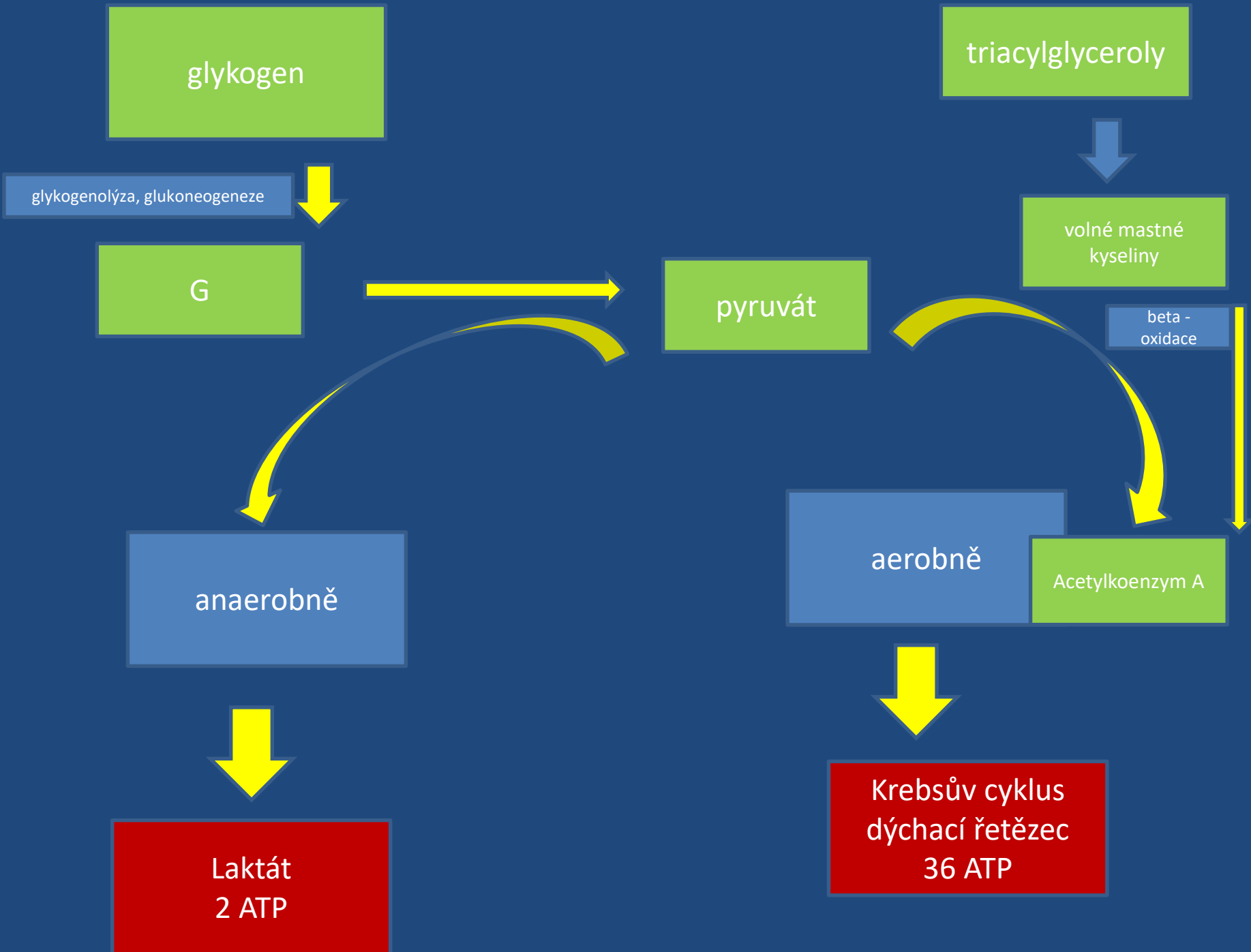


Změny v činnosti ledvin

- Při výkonu **klesá prokrvení ledvin**
- Zvyšuje se **tvorba erythropoetinu**
- Při výkonu se zvyšuje **vylučování mineralokortikoidů**- aldosteronu (zvyšuje vstřebávání sodných iontů a reabsorbuje se i voda tzn. **sníží se diuréza**)

Změny metabolismu

- Zdroje energie pro pohyb tvoří energie chemických vazeb živin přijímaných potravou makroergních vazeb kyseliny fosforečné (ATP)
- Energetické nároky pohybové zátěže – variabilní
- Energetické substráty : sacharidy, tuky (bílkoviny)



glykogen

triacylglyceroly

glykogenolýza, glukoneogeneze

G

volné mastné kyseliny

beta-oxidace

pyruvát

Acetylkoenzym A

anaerobně

aerobně

Laktát
2 ATP

Krebsův cyklus
dýchací řetězec
36 ATP

ENERGETICKÉ KRYTÍ

- ATP,CP systém

několik s, maximální intenzita

- Glykolytická fosforylace

dosahuje maxima po 40 – 50 s, submaximální intenzita

- Oxidativní fosforylace

Převládá u dlouhodobé zátěže

Co je acidobazická rovnováha?

= rovnováha mezi acidifikujícími a alkalizujícími vlivy

nerovnováha znamená, že se:

- změnily se poměry kyselin a bází
- změnilo se pH **organismu**
- narušily regulační mechanismy
- postupně uplatňují kompenzující mechanismy

Kyseliny a zásady v organismu

Z hlediska ABR rozlišujeme 3 druhy reakcí

protonproduktivní

- Anaerobní glykolýza (svaly, erytrocyty):



- Ketogeneze



- Lipolýza



- Syntéza urey



protonkonsumpční

- Glukoneogeneze



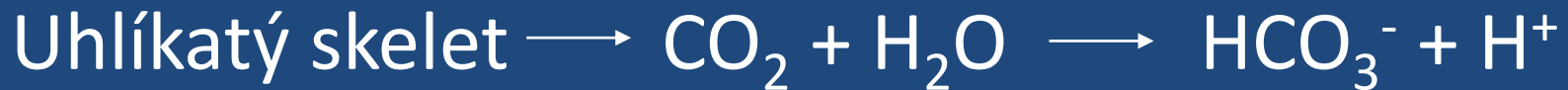
protonneutrální

- Oxidace glukózy
- Lipogeneze z glukózy

Celkově vzniká 1 mmol/kg tělesné hmotnosti za den
kyselin

Lidský organismus denně vyprodukuje velké množství kyselin

A, kompletní oxidací látek

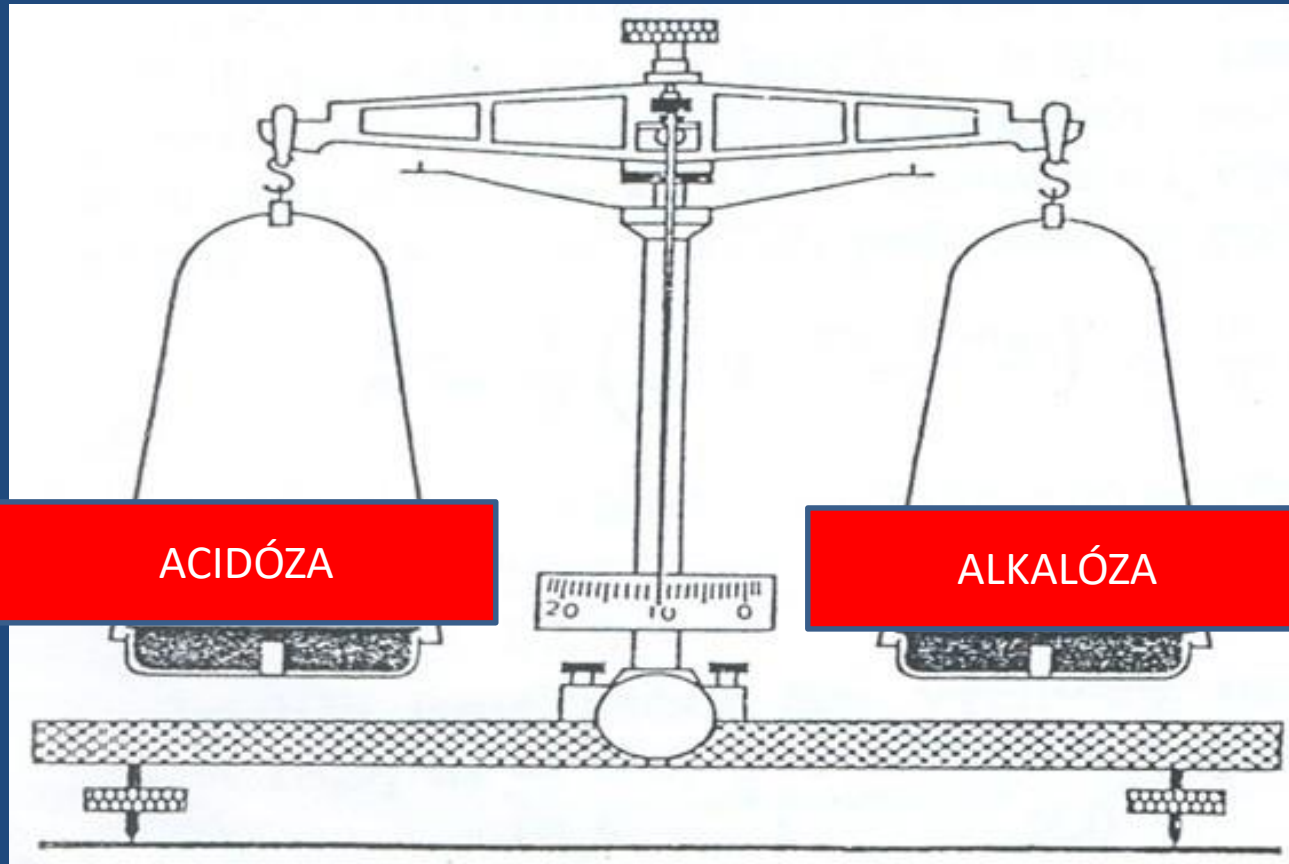


B, nekompletní oxidací





Poruchy ABR



ACIDÓZA

ALKALÓZA

Acidémie

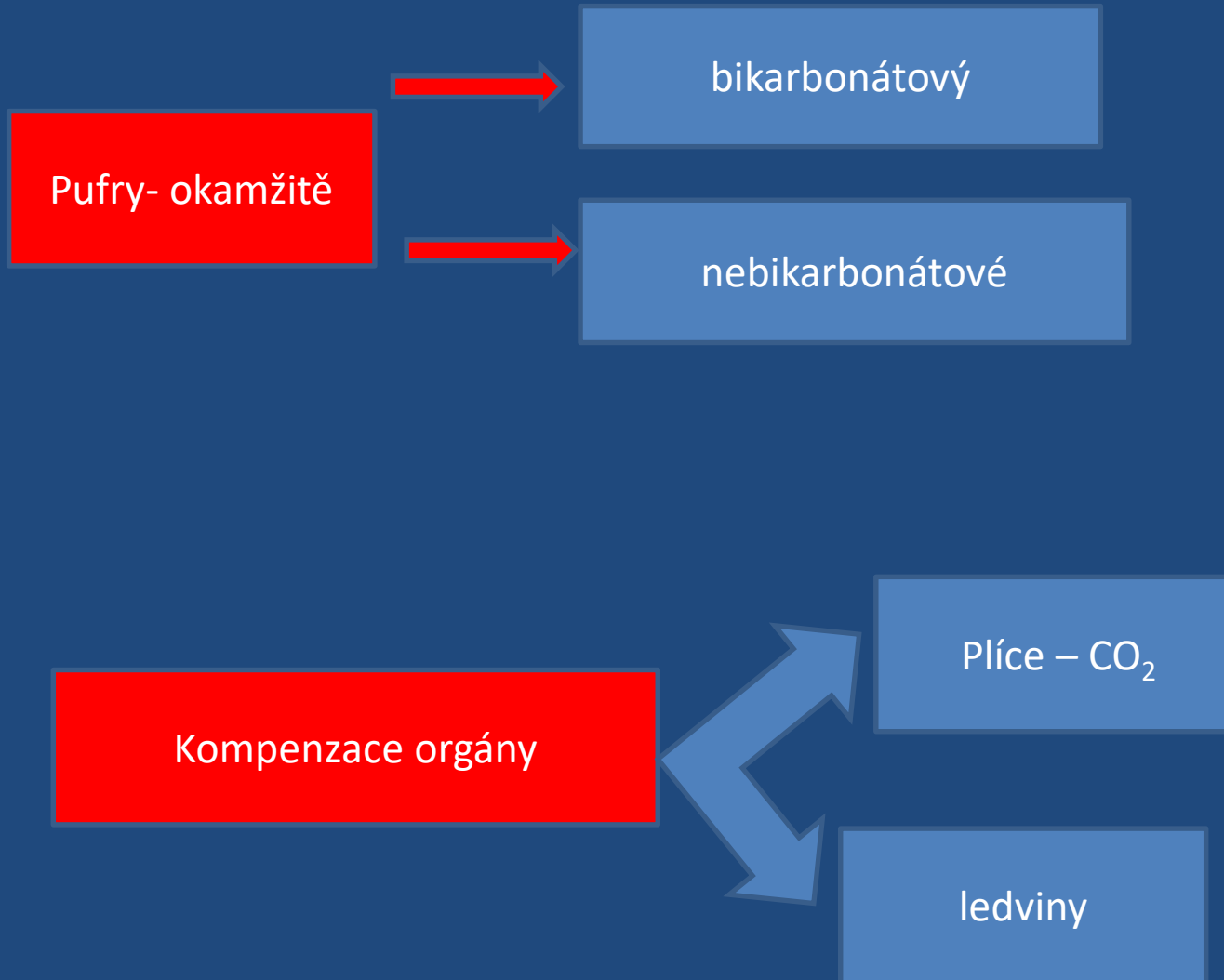
Alkalémie

respirační



metabolická

Poruchy ABR



Na udržení ABR se dále podílejí:

- **Játra** – příklad amoniak (přeměna buď na močovinu nebo glutamin)
- **Myokard**- ovlivňuje ABR oxidací laktátu či ketolátek

Metabolická acidóza

1. Příčina – nadměrná produkce / příjem H^+

- DM, hladovění (β - oxidace MK – ketokyseliny)
- Fyzická zátěž, hypoxie (anaerobní glykolýza)

2. Příčina – porucha v ledvinách

Kompenzace MAC

- ❖ Pufr – bikarbonátový
- ❖ Plíce – hyperventilace
- ❖ Ledviny – zvýšená eliminace H^+ , zvýšená resorpce HCO_3

důsledek – hyperkalémie

(Výměna H^+ za K^+ v buňkách)

Metabolická alkalóza

Příčina :

- Přívod bází (infuze HCO_3)
- Zvracení (ztráta H^+)

důsledek – hypokalémie

Kompenzace MAL

- Hypoventilace není možná !
- Ledviny – zvýšená eliminace HCO_3

Respirační acidóza

Příčina:

- Onemocnění plic a hrudníku (retence CO_2)

Kompenzace RAC

- Pufrování : nebikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace H^+ , NH_4 , zvýšená resorpce HCO_3

Respirační alkalóza

Příčina:

Hyperventilace, nadmořská výška

Kompenzace RAL

- Pufrování : nebikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace HCO_3 , snížená sekrece H^+

Laboratorní vyšetření ABR

- **Parametry ABR:** pH, pCO₂, HCO₃, pO₂ a BE
- **Vyšetření ostatních látek s vlivem na ABR:**
 - 1, koncentrace kationtů: Na, K, CA, Mg
 - 2, koncentrace aniontů: Cl, La, albumin
 - 3, koncentrace metabolitů: urea, kreatinin

ASTRUP – kapilární krev (nesrážlivá – heparin)

Normální hodnoty ASTRUP

- pH: 7,35 – 7,45
- $p\text{CO}_2$: 4,80 – 5,90 kPa (35 – 45 mmHg)
nižší = hypokapnie
vyšší = hyperkapnie
- $p\text{O}_2$: 9,9 – 13,3 kPa (80 – 100mmHg)

Pak se vypočítají (software- Henderson- Hasselbachovy rovnice) hodnoty:

- HCO_3^- : 24 mmol/l
- BE: $0 \pm 2,5$ mmol/l

BE= přebytek bází (jedná se o počet molů silné kyseliny, kterou je třeba přidat do 1 l okysličené krve, aby bylo dosaženo pH 7,4 při teplotě 37°C)

Záporné hodnoty – nadbytek kyselin (metabolická acidóza)

Kladné hodnoty- nadbytek bází(metabolická alkalóza)

Adaptace

= biologický děj, představující soubor změn :

- morfologických
- biochemických
- funkčních
- psychologických

- v organismu jako celku i v jednotlivých orgánech

Adaptace

= přizpůsobení organismu na změny prostředí

liší se od **reakce na jednorázový podnět** :

- má pomalejší průběh
- může být vyvolána pouze dlouhodobým kontinuálním nebo přerušovaným tréninkem
- jedná se o biologicky výhodné změny organismu / zachování homeostázy /

! Ale aby k adaptaci došlo je nutné opakované narušení homeostázy !!!!!

Regulace adaptačních pochodů

- CNS
- Hormonální vlivy
 - princip zpětné vazby –podnět

Podnět musí být :

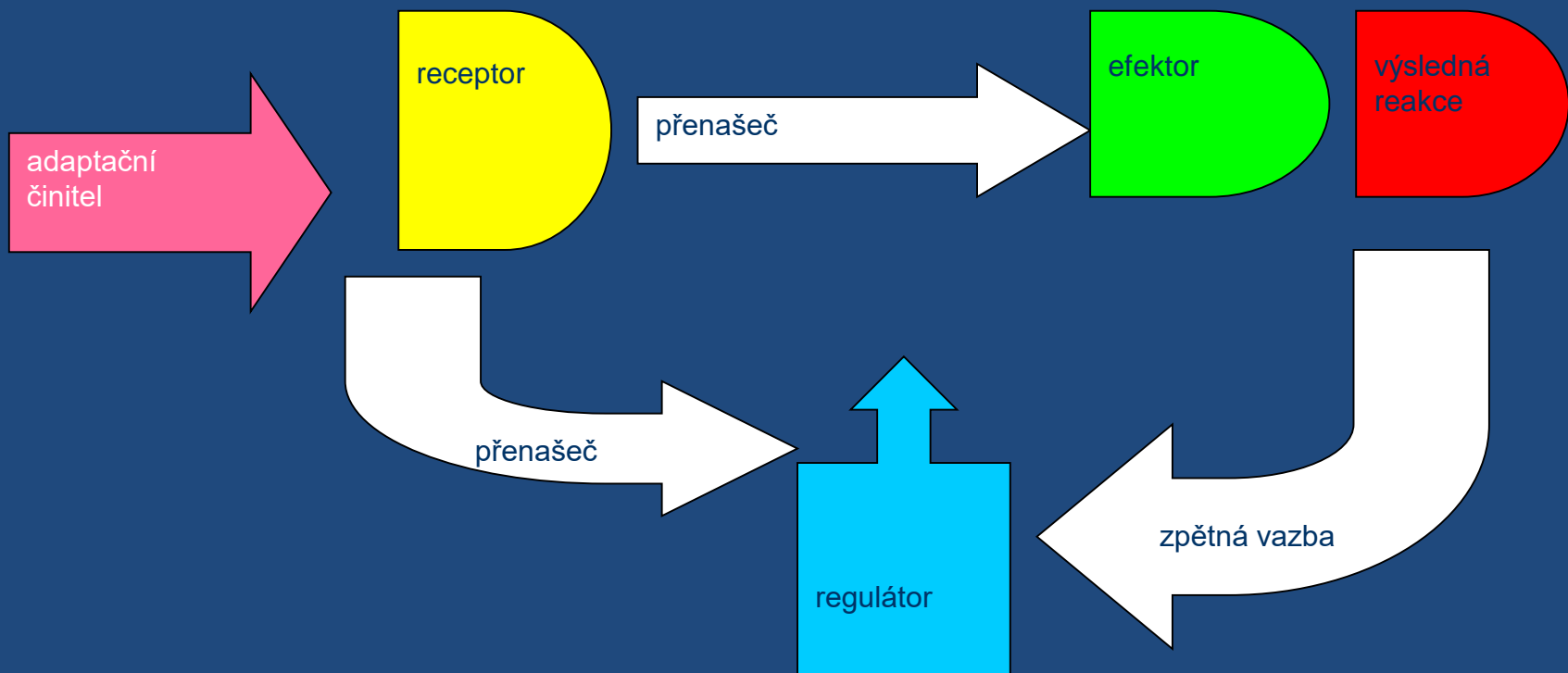
A, nadprahové intenzity

B, působit dostatečně dlouho

Individuální adaptace : se uskuteční v rámci **genetického vybavení buňky**. Adaptační proces rozšiřuje využití genetické výbavy

Adaptace mohou nastat na úrovni :

- metabolismu jako celku
- orgánů
- buněk



Posloupnost v dějích adaptace organismu :

1. Aktivují se procesy souvisící s **hromaděním energie** v buňkách / zákon superkompenzace /-zásoby
2. **tvorba enzymů** metabolických cyklů / př. ve svalech dojde ke zvýšené produkci mDNA specifických pro syntézu oxidativních enzymů / = **zlepšené využívání rezerv v buňce**
3. **Akumulace bílkovin** za účelem hypertrofie orgánu / myokard /

Podmínky adaptace organismu na tělesnou zátěž

- **Frekvence zátěže** -pravidelné opakování zátěže

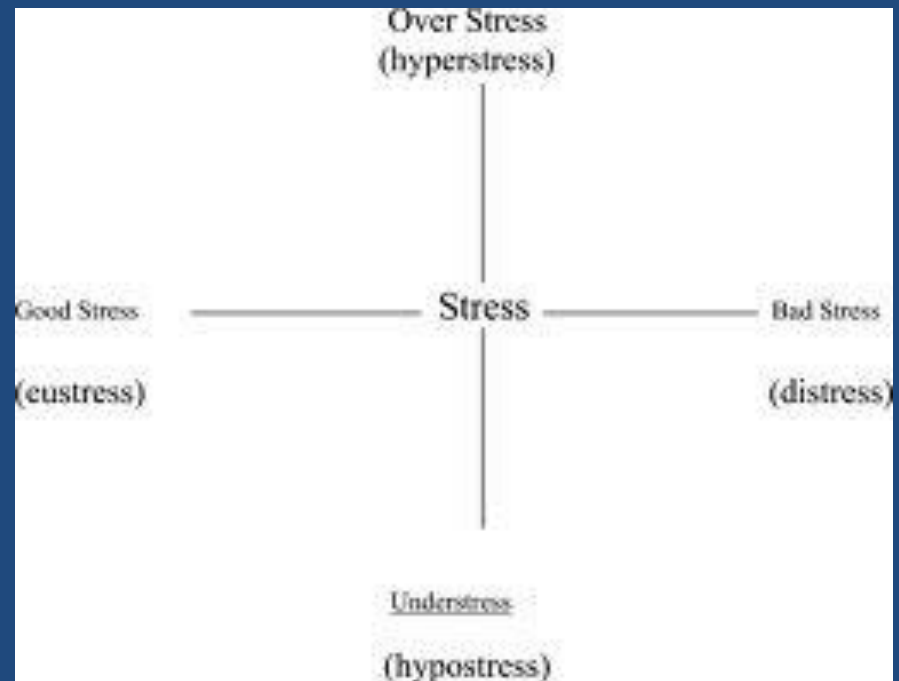
- **Intenzita podnětů :**

hyperstres

(překračuje hranici adaptability)

hypostres

(nedosahuje toleranci stresu)



- **Doba trvání** (u silových nemusí být dlouhá)

Charakter podnětu

- Podněty z vnějšího prostředí – adaptační činitelé / stresory /
- Dostatečně **silný podnět**
- Působící po **dostatečně dlouhou dobu**
- **Opakující** se v určité frekvenci

Slabé podněty - nevedou k adaptaci

Silné podněty – nevedou k adaptaci, únava,
přepětí, přetrénování

Účinná intenzita adaptačních podnětů : **80 – 100% maximální možné intenzity**

Pro rozvoj adaptace je nutné zintenzivňovat podněty se stupněm trénovanosti jedince / přídatné zatížení : teplo , hypoxie,.../

Intenzita podnětu

- rychlost, síla / vysoká intenzita /
- Nižší intenzita , vyšší objem – vytrvalost

Frekvence tréninkových podnětů – častá

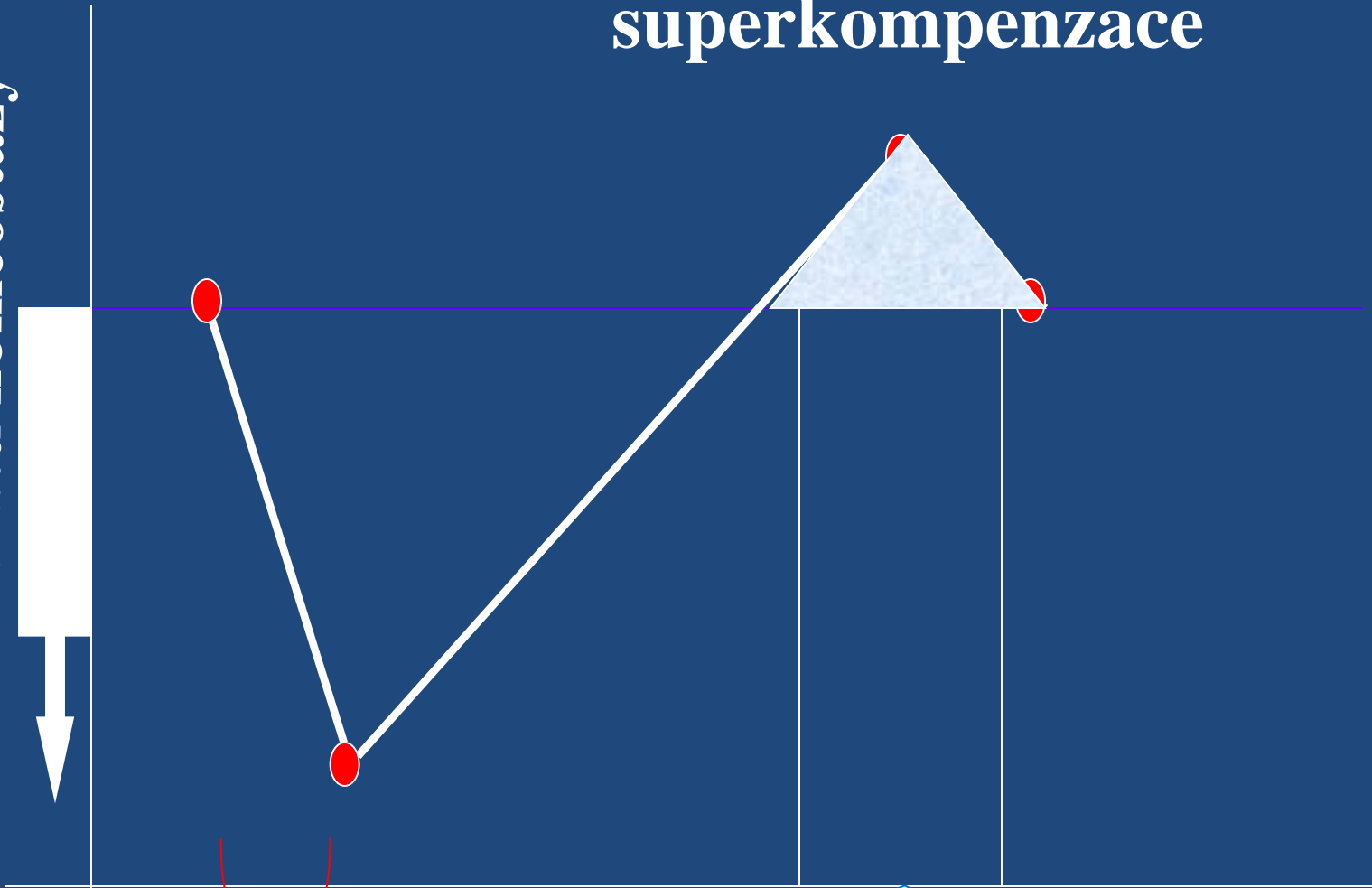
- všeobecná zdatnost : 3 – 4 x týdně
- trénovanost : 4 – 6 x týdně, denně, i několikrát za den

V přestávkách mezi výkony musí dojít k úplnému odstranění následků akutní únavy

Přestávka musí být tak dlouhá, **aby došlo k dalšímu zatížení ve fázi superkompenzace**

superkompenzace

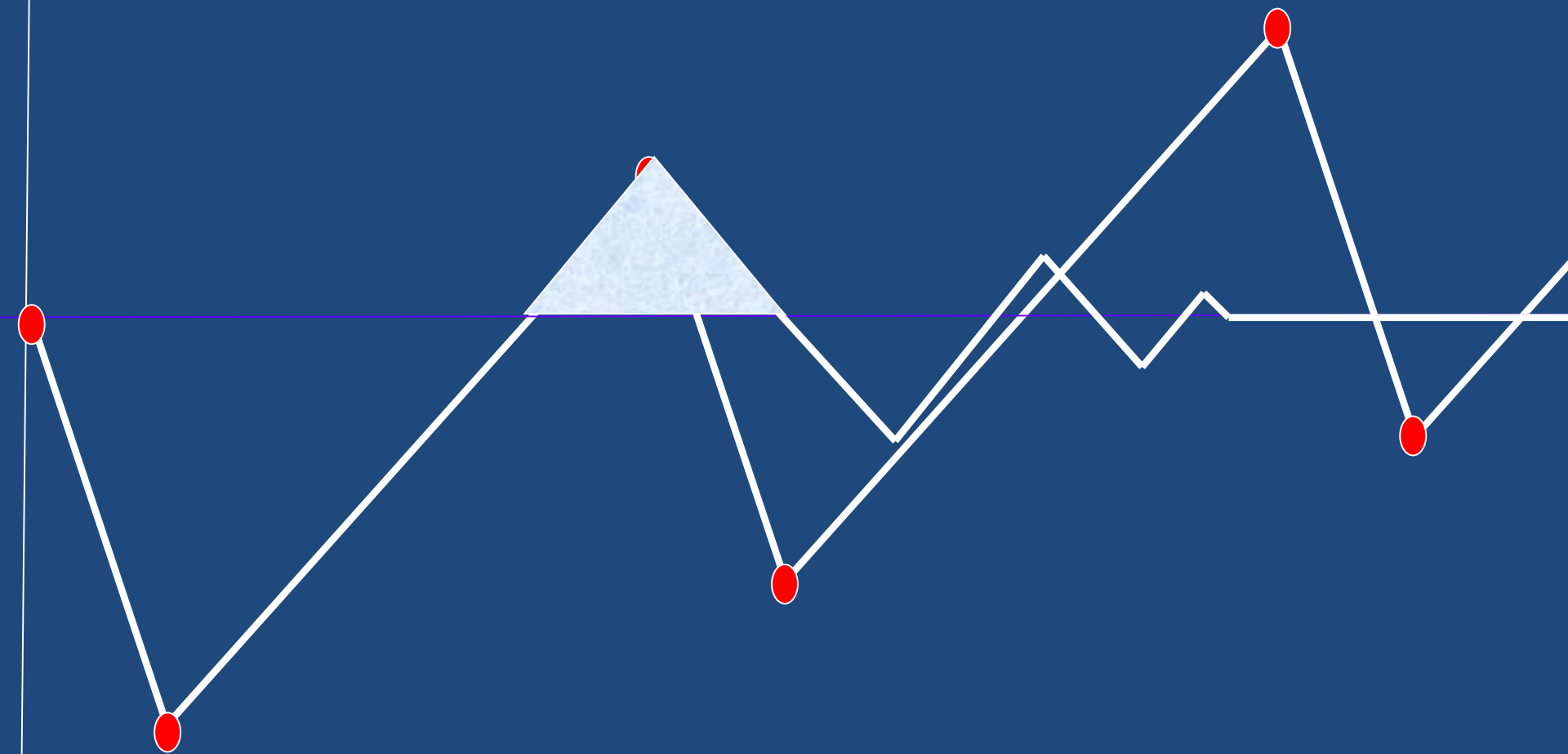
Míra rozvratu homeostázy



zátěž

**Období optimálního
zahájení dalšího tréninku**

- 1) Pokud nepřijde další podnět (stresor, zatížení)
- 2) Pokud přijde další podnět v optimální čas



intenzita a doba trvání práce	zotavná fáze	změny výchozích hodnot		
		kreatinfosfát	glykogen	bílkovinný dusík
supramaximální – 10s	po práci	- 45%	-	-
	4 min	- 10%	-	-
submaximální - 15 min	po práci	- 138 mg%	-190 mg%	-406 mg %
	po 15 min	-71 mg%	-130 mg%	-400 mg %
	po 30 min	-48 mg%	-64 mg %	- 333 mg %
	po 60 min	+ 23 mg%	+ 11 mg %	- 302 mg %
	po 6 hod	+97 mg%	+143 mg %	+37 mg %
	po 12 hod	+110 mg %	+ 187 mg%	+ 361 mg %
	po 24 hod	-	+ 141 mg %	+ 270 mg %
	po 48 hod	-	+ 15 mg %	- 26 mg %
mírná - 5 hod	po práci	- 89 mg%	- 400 mg %	- 25 mg %
	po 30 min	- 57 mg %	- 322 mg %	- 8 mg %
	po 60 min	+ 11 mg %	- 272 mg %	- 25 mg %
	po 6 hod	- 37 mg %	- 114 mg %	- 23 mg %
	po 12 hod	- 14 mg %	+ 180 mg %	+ 75 mg %
	po 24 hod	+ 13 mg %	+ 216 mg %	+ 46 mg %
	po 48 hod	- 2 mg %	+ 267 mg %	+ 29 mg %
	po 72 hod	+ 17 mg %	+ 168 mg %	+ 8 mg %

Přírůstek % výkonnosti vzhledem k výchozím stavu T a NT	T +5 % NT+12 %	T + 10 % NT + 25%	T + 15% NT + 40%	
Doba potřebná k max.rozvoji energet. systému	7 – 8 týdnů	8 – 12 týdnů	více než 12 týdnů	
Charakter odpočinku	pasivní / aktivní /	aktivní / mírné zatížení /	pasivní	
Intenzita zatížení	maximální	submaximální až maximální	střední / vyšší než na úrovni iANP /	maximálně na úrovni ANP
Odpočinek :zatížení	1:3 – 6 závisí na trénovanosti	1.2 -3	1:1-1,5	
Počet tréninkových jednotek týdně	1 - 3	2	5	2 – 3 podle délky zatížení
Počet opakování zatížení v TJ	Až 50 x v sérii po 8 – 10 zatíženích	4 – 25 x podle doby zatížení ve 4 – 6 sériích	3 – 4 v 1 sérii,interval ový trénink	kontinuální trénink
Doba zatížení	10 – 20 s	30 – 120 s	3 – 5 min	30 min a více
Energetický systém	rychlost / ATP – CP systém /	rychlostně – vytrvalostní / LA systém + O2 systém /	vytrvalost / O2 systém /	

- Základem tréninkových metod je **naladění organismu na určitý pracovní režim** – podkladem pro maximalizaci adaptace metabolického potenciálu potřebného pro rozvoj pohybové schopnosti
- Základem všech metod je **opakování zatížení**:
 - **střídavý trénink** (zatížení různé intenzity, různého trvání)
 - **intervalový trénink** (stejná intenzita i trvání)
 - **kontinuální trénink** (déletrvající zatížení)

Racionální trénink má 4 komponenty fyziologických mechanismů

- Intenzivní aktivita po několik sekund – **rozvoj síly nebo rychlosti**
- **Intenzivní** aktivita po dobu 60 s a opakovaná v intervalu okolo 5 min/ organismus je v mírné aktivitě / – **rozvoj anaerobních procesů**
- Aktivita **submaximální intenzity** po dobu 3 – 5 min s intervaly odpočinku / aktivního / po stejnou dobu – **rozvoj maximálního aerobního výkonu**
- Aktivita **střední intenzity** po dobu 30 minut a více – **rozvoj vytrvalosti**

Přehled adaptací

Kardiovaskulární systém

Dýchací systém

Energetický metabolismus

Pohybový systém

Kardiovaskulární systém

- souvisejí s trénovaností
 1. strukturální změny
 2. funkční změny

Trénovaný jedinec - strukturální změny

srdce

- fyziologická hypertrofie a dilatace
- ↑ hmotnosti

cévy

- ↑ množství kapilár ve svalech

Fyziologická hypertrofie srdce

u vytrvalostního tréninku

hypertrofie **excentrická** = dilatace komor

u silového tréninku

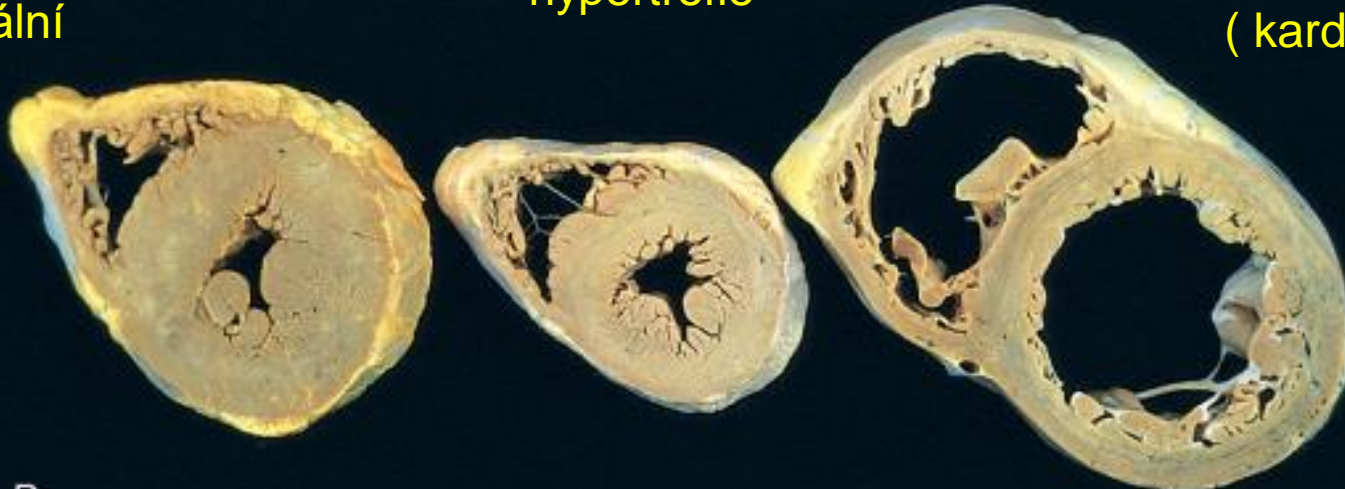
hypertrofie **koncentrická** = ↑ tloušťka stěn, ale zmenšení dutin

Dosažení trvá několik let. Běžné u vrcholových sportovců u rekreačních výjimečné.

normální

koncentrická
hypertrofie

excentrická
hypertrofie
(kardiomyopatie)



B

Hypertrofie a dilatace srdce



**fyziologický
myokard**



**koncentrická
hypertrofie**



**excentrická
hypertrofie**

Trénovaný jedinec - funkční změny

↓ klidové TF =

sportovní bradykardie

- extrémní hodnoty 30-35 tepů/min

↑ klidového systolického objemu

na 80-100 ml

- při zátěži až 150-200 ml

↑ max. minutový objem (zátěžení)

až 35 l/min

ADAPTACE NA ZÁTĚŽ

- SRDEČNÍ FREKVENCE ↓
- SYSTOLICKÝ OBJEM ↑ 100-120 ml
- SRDEČNÍ VÝDEJ ↔
- KONTRAKTILITA ↑
- EJEKČNÍ FRAKCE ↑

Dýchací systém

- lepší mechanika dýchání
- lepší plicní difúzi
- ↓ DF
- ↑ max. DO (3-5 l)
- ↑ VC ♂ 5-8 l, ♀ 3.5-4.5 l
- ↓ minutovou ventilaci při standardním zatížení, vyšší max. hodnotu ♂ 150-200 l, ♀ 100-130 l
- rychlejší nástup setrvalého stavu
- minimální až nulové projevy mrtvého bodu

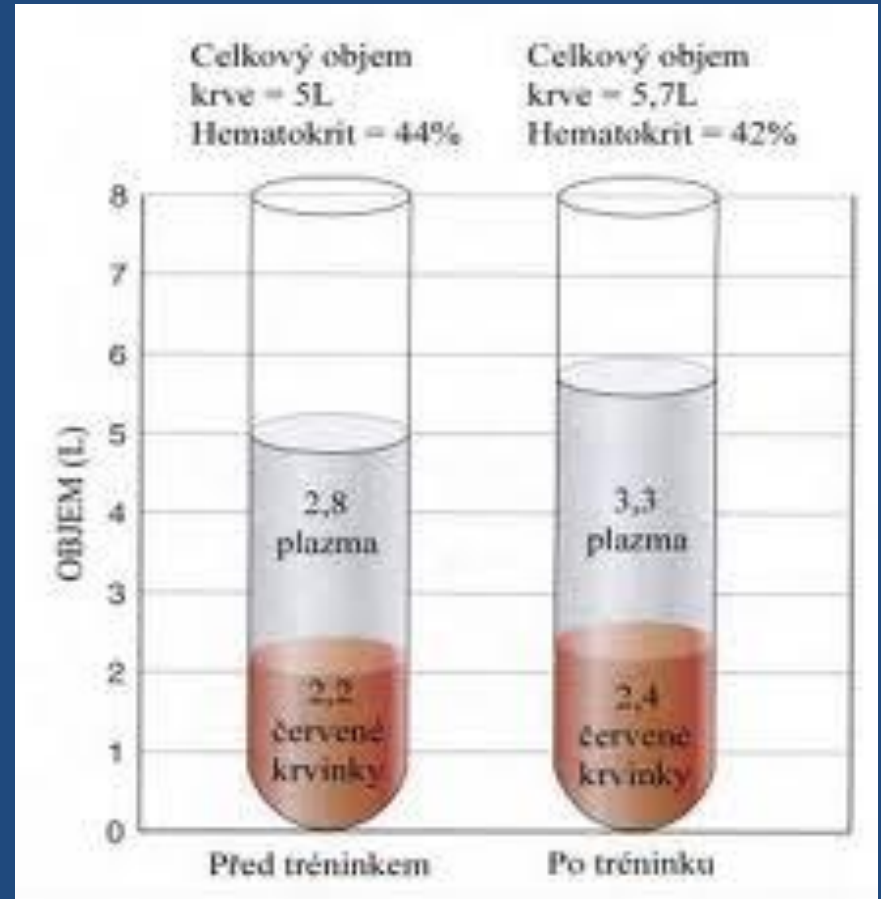
Krev

- Delší dobu trvající vytrvalostní aerobní trénink vede ke **zvětšení množství krve** :

1. nejprve objem plazmy
2. po 2 až 3 týdnech ↑ erytrocyty a ↑ hemoglobin

Zvýšení objemu plazmy je však výraznější (to se projeví **snížením hematokritu a snížením viskozity krve** (cirkulace)

- Za adaptační změnu považujeme i zvýšení množství červených krvinek, při pobytu ve vysokohorském prostředí (2300 m 4 týdny, po 8 týdnů)
- Zvyšování počtu erytrocytů zlepšuje podmínky pro transport kyslíku z plic



**překročení hodnot hemoglobinu nad 18,5 g/dl muži a 16,5g/dl ženy =
zákaz startu na 14 dní**

Termoregulace

- neaklimatizovaný člověk: **do 1l/h**
- aklimatizace (týdny) – profúzní pocení až **3 l/h** (podstatně efektivnější ochlazování)
- aldosteron – pokles Na a Cl v potu
 - neaklimatizovaný ve vedru: ztráta až 15-30g NaCl denně, po několika týdnech 3-5g

Pohybový systém

Ve svalech trénovaných jedinců (typ zatížení)

1. **strukturální změny** (mitochondrie, hypertrofie, vaskularizace)
2. **metabolická reakce** při zatížení (glykogen, enzymy,..)

Tab.11. Vliv odlišného řízení pohybové aktivity (tréninkového režimu) na strukturní a metabolické vlastnosti kosterního svalu (Howald,1982)

vlastnosti	typ řízené pohybové aktivity (tréninkového režimu)		
	vytrvalostní	rychlostní	silový
strukturní:			
- transformace typu svalových vláken	II C - I	I - II C	-
- počet krevních kapilár na svalové vlákno	zvyšuje se	?	?
- povrch mitochondriálních membrán	zvětšuje se	zvětšuje se	snižuje se
- příčná area svalových vláken	variabilní	zvětšuje se	zvětšuje se
- denzita tubulárního systému	nemění se	?	?
-Ca ²⁺ transportní kapacita	snižuje se	?	?
metabolické:			
- ATP + CP	zvyšuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- glykogen	zvyšuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- triglyceridy	zvyšují se	zvyšují se	zvyšují se
- myoglobin	zvyšuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- štěpení makroergních fostátů	?	rychlejší	rychlejší
- glykolýza	snižuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- oxidace glycidů	zvyšuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- oxidace volných mastných kyselin	zvyšuje se	?	?
- syntéza glykogenu	zvyšuje se	?	?
- tvorba alaninu z kys. pyrohroznové	zvyšuje se	?	?

ADAPTACE NA ZÁTĚŽ

ČINNOST SILOVÁ

hypertrofie vláken II B, ↑ aktivita myokinázy

ČINNOST RYCHLOSTNÍ

↑ obsahu a utilizace ATP a CP, hypertrofie vláken II B

ČINNOST RYCHLOSTNĚ–VYTRVALOSTNÍ (~2min)

↑ aktivita glykolytického systému, ↑ utilizace glykogenu,

↑ pufrovací kapacity

ČINNOST VYTRVALOSTNÍ

↑ mitochondrií, ↑ aktivita enzymů dýchacího řetězce,

↑ kapilarizace, hypertrofie I, možná konverze z II → I(?),

↑ hladiny svalového glykogenu o 100%, ↑ aktivita lipázy

Kost

- Fyzické zatěžování organismu podporuje **růst kostí**
- Kost je po celou dobu života metabolicky aktivní (**zvyšuje** se obsah minerálních látek – **Ca**)
- Trénink zvyšuje (i snižuje) **hmotnost kostí** (vlivem působení parathormonu)
- Dlouhodobě neúměrně vysoká intenzita tréninkové zátěže produkuje pokles kostní denzity (**osteoporózu**)
- Úměrná intenzita produkuje vyšší denzitu diafýz

Poznámka: Intenzivní zatížení mladého rostoucího organismu však vede v některých případech snad vlivem androgenů z nadledvinek k omezení růstu dlouhých kostí do délky předčasnou osifikací chrupavčitých růstových zón mezi hlavicemi a tělem kostí. Kosti jsou potom širší a kratší

Šlachy, vazy, klouby

- Zvyšuje se obsah kolagenu a aktivita enzymů
- Pojivová tkáň je dosti adaptivní
- Zatížení mění pozitivně tj. posiluje kosti, šlachy i vazy

Rychlostní disciplíny

- zvýšení obsahu a utilizace **ATP a CP** ve svalové tkáni (po 10 s se sníží obsah ATP v činném svalu o 11%,CP o 45%)
- Zvýšená činnost myokinázy a kreatinkinázy
- **hypertrofie** vláken **II B**
- Zvýšené množství **kontraktilních proteinů**
- Plavci- dechová kapacita zlepšena, vyšší VC, lepší žilní návrat, bradykardie (diving reflex- ponoření obličeje do vody)

Silové disciplíny

- hypertrofie srdce

hypertrofie *koncentrická* = ↑ tloušťka stěn, ale zmenšení dutin

- hypertrofie rychlých glykolytických vláken, aktivita myokinázy, kreatinkinázy

- zvýšení zásob ATP,CP

- Adaptační změny dýchacího systému minimální, bradykardie 0

- Významný pokles testosteronu a vzestup luteinizačního hormonu / narušeno anaboliky ?/

Maladaptace

fixaci TK -po dlouhodobém silovém tréninku ve formě hypertenze (vzpěrači)

Vytrvalostní disciplíny

- Zásoby glykogenu o 100%
- aktivita enzymů dýchacího řetězce
- zvýšená aktivita lipázy
- zvýšení počtu mitochondrií
- vaskularizace svalů

Adaptační změny-krevní oběh

1. strukturální změny
2. funkční změny

Strukturální změny :

srdce

- fyziologická hypertrofie a dilatace
- hypertrofie *excentrická* = zvětšení komor + ↑ tloušťka stěn

cévy

- množství kapilár ve svalech= **vaskularizace**

Funkční změny :

klidová TF = sportovní bradykardie / pod 60 tepů /

- extrémní hodnoty 30-35 tepů/min

↑ klidového systolického objemu na 80-100 ml / o 50 ml
vyšší než u netrénovaného /

při zátěži až 150-200 ml

↑ max. minutový objem až 35 l/min/ o 10 l vyšší než u
netrénovaného /

- SRDEČNÍ FREKVENCE



- SYSTOLICKÝ OBJEM

↑ 100-120 ml

- SRDEČNÍ VÝDEJ



- KONTRAKTILITA



Adaptační změny-dýchací systém

- lepší mechanika dýchání
- lepší plicní difuze
- ↓ DF
- ↑ max. dechového objemu (3-5 l)
- ↑ VC ♂ 5-8 l, ♀ 3.5-4.5 l
- rychlejší nástup setrvalého stavu při vyšší intenzitě / 150 – 200W /
- minimální až nulové projevy mrtvého bodu

Adaptační změny – metabolická adaptace

- Snížení celkového cholesterolu
cholesterol HDL stoupá
LDL klesá
- Snížení sekrece inzulínu a zvýšení citlivosti jeho receptorů
- Rychlejší utilizace tuků / vyšší aktivita lipázy /

Koordinačně estetické disciplíny

- Adaptační specifické projevy v oblasti nervově – svalového systému (neuromuskulární koordinace)
- Vysoká úroveň **funkcí analyzátorů** (kinestetického, statokinetického, zrakového , periferní vidění)
- Zvyšuje se úroveň motorického učení, zlepšení kvality motorického učení
- Schopnost tolerance k metabolické acidóze (koordinačně náročné cviky jsou schopni provádět za vysoké **laktacidemie** – krasobruslení, SG)
- Mnoho tréninkových hodin = **adaptační změny v kardiovaskulárním systému** (bradykardie po 7 – 8 letech tréninku, hypertrofie myokardu 0, vyšší VC ,....)

Úpoly

cévy

množství kapilár ve svalech= vaskularizace

Sportovní srdce (hypertrofie- komor)

Kung-fu, box

Box – zvýšená srážlivost krve

↓ klidové TF = sportovní bradykardie / pod 60 tepů /

Vyjimka – sumo (klidová TF okolo 86)

↑ klidového systolického objemu na 80-100 ml / o 50 ml vyšší než u netrénovaného /
při zátěži až 150-200 ml

↑ max. minutový objem až 35 l/min/ o 10 l vyšší než u netrénovaného /

Adaptace na zatížení

Dýchací systém- změny minimální oproti normální populaci

- ↑ VC

Rozvoj analyzátorů : vestibulární, zrakový (periferní vidění, odhad vzdálenosti)

Snížené taktilní čítí a bolestivá cítivost

Rychlostně- silové

- Atletika skoky
- Atletika vrhy a hody
- Alpské lyžování
- Skoky na lyžích



Zvýšení obsahu ATP, CP ve svalové tkáni, hypertrofie rychlých svalových vláken, adaptační změny kardiovaskulárního systému téměř nulové (klidová TF lehce pod normál)

Rychlostně – vytrvalostní

- Atletika – střední tratě
- Dráhová cyklistika- stíhači
- Kanoistika rychlostní
- Plavání (200 m)



Rozvoj **glykolytického metabolického potenciálu** kosterního svalstva, , zdrojem energie- svalový glykogen, využití glykogenu je 7x vyšší než u vytrvalostního zatížení, periferní vidění, excentrická hypertrofie srdce, vaskularizace svalů

Silově – vytrvalostní

- Kanoistika -divoká voda
- Veslování



Vysoká funkce analyzátorů (kinestetický, statokinetický, zrakový), veslaři – maximální spotřeba kyslíku, velký objem krve (až 7,8 l), koncentricko- excentrická hypertrofie srdce, vysoké zastoupení pomalých oxidativních vláken, ale i rychlých oxidativně – glykolytických vláken, vysoký obsah glykogenu ve svalu, zvýšená aktivita enzymů oxidativního metabolismu